



Математические основы цифрового месторождения

**Институт вычислительной математики и
математической геофизики СО РАН**

Проспект академика Лаврентьева, 6,
630090, Новосибирск, Россия

Телефон: +7 (383) 330 83 53

Факс: +7 (383) 330 87 83, +7 (383) 330 66 87

E-mail: director@sscc.ru

Площадная система наблюдений

Большинство известных из мировой практики работ по площадным системам нашли применение в относительно сложных сейсмогеологических условиях.

Как правило, применяемые системы являются регулярными, а расстояние между точками наблюдений обычно **50 м** или **25 м**.

Известны примеры и более густых сеток пространственных наблюдений в случае детальных работ.

Контроль за разработкой месторождений углеводородов в штате Луизиана (США): шаг между точками **10 м**.

Разведка на уголь в Рурском бассейне (Германия): шаг между точками **2.5 м**.

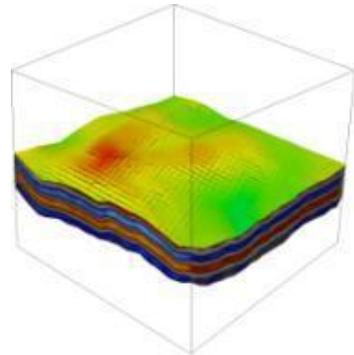
Реализована технология по определению сейсмических параметров среды по данным площадной системы наблюдения **без решения прямой задачи**.

Обработка данных сейсморазведки

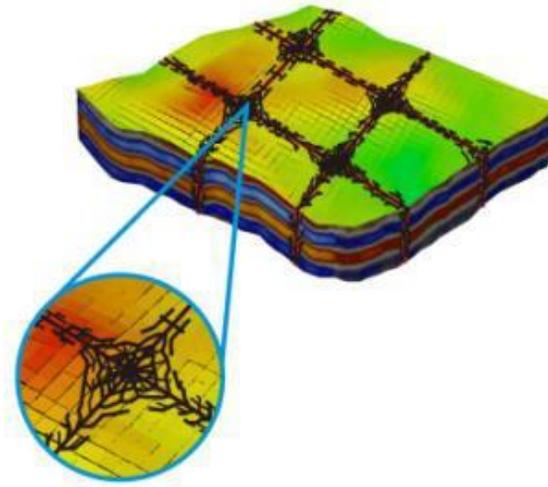
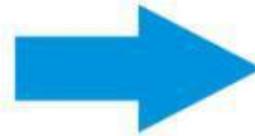
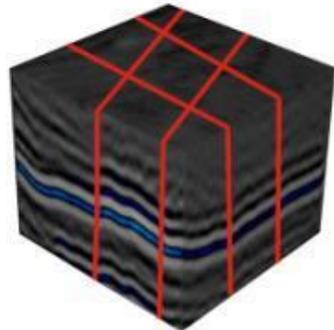
Технология обработки данных сейсморазведки и трехмерного комплексного моделирования, включая геомеханическое, позволяющая выделять в отдельных геологических объектах, главным образом в фундаменте, трещиноватые зоны и строить сеть разломных структур для выбора точек заложения скважин. В настоящее время эта технология подтверждена на многих месторождениях успешным бурением.

Если бурить в трещиноватую зону, получаем хороший дебит и долговременную продуктивность, если не угадали, то либо сухая скважина, либо очень быстро падающая продуктивность.

Стандартная геологическая модель



Процедуры картирования, расчета и классификации природных каналов фильтрации



Каналы фильтрации – высокопродуктивные зоны образовавшиеся в результате естественного разрушения массивов горных пород (системы трещиноватости)

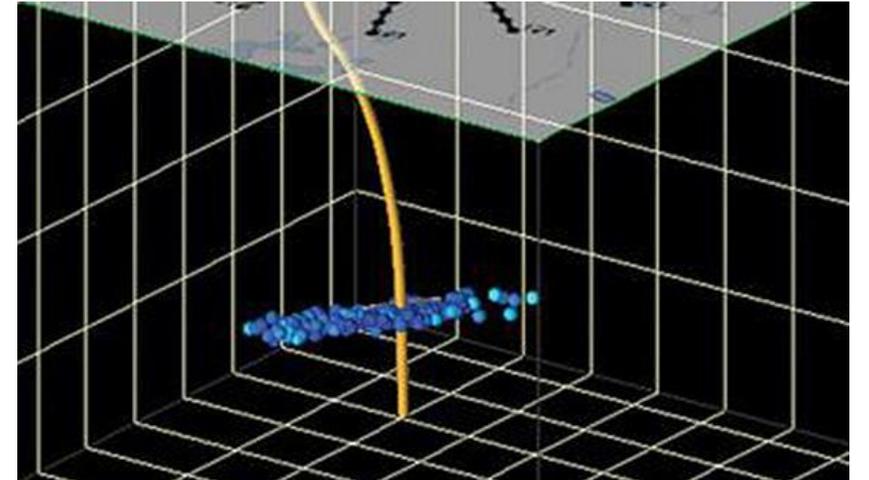
Микросейсмический мониторинг

Микросейсмический мониторинг является инновационной технологией контроля гидроразрыва пласта (ГРП).

Микросейсмика позволяет определять геометрию ГРП на достаточно больших расстояниях от места наблюдения (в скважинах или на поверхности), а также получать диагностические 3D изображения в процессе образования и развития разрыва.

Суть микросейсмического мониторинга заключается в регистрации сейсмоэмиссионных процессов, сопровождающих образование трещинной зоны ГРП. Технология позволяет получать данные для оперативной коррекции дизайна ГРП, минимизировать риски и оптимизировать увеличение отбора углеводородов при вовлечении в разработку трудноизвлекаемых запасов.

Тензорное разложение: увеличение размера сетки на порядок по каждой переменной, уменьшение требования к памяти в несколько раз, возможность ведения мониторинга ГРП в реальном времени.

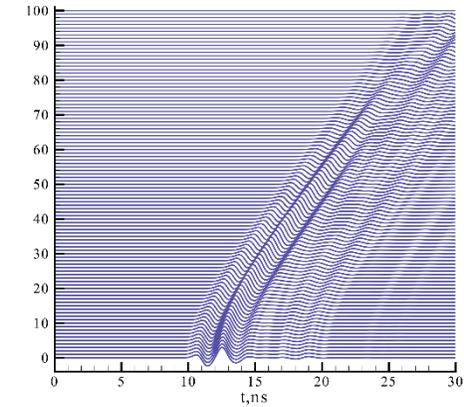
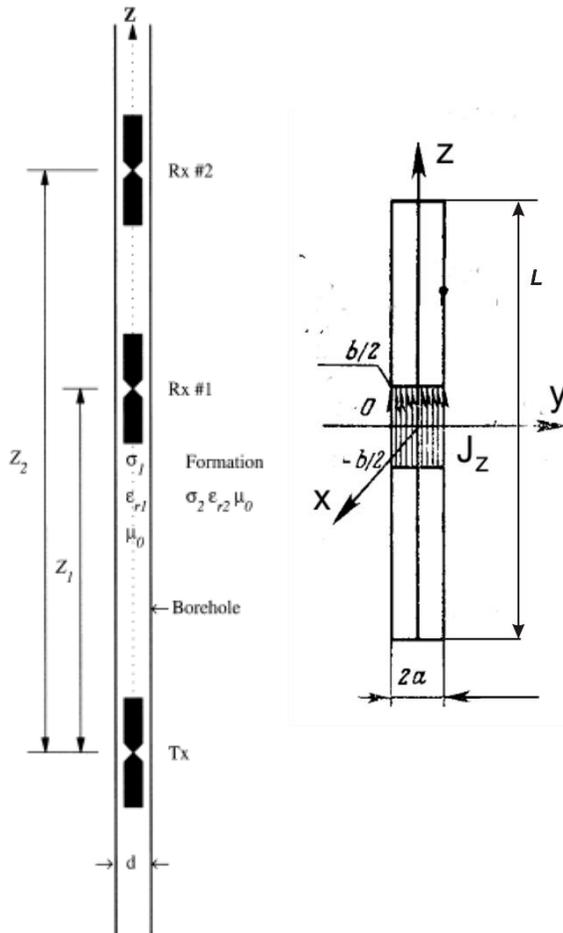


Электрокаротаж околоскважинного пространства

Разработана теория и создан метод определения диэлектрической проницаемости и проводимости в околоскважинном пространстве с учетом границ раздела сред с разными электромагнитными параметрами.

Реализован комплекс программ определения электромагнитных параметров среды на основе метаэвристических алгоритмов глобальной оптимизации.

Аномальное поле – две границы



Мониторинг скважин и месторождения

В России эксплуатируется около ста тысяч скважин.

Установка специального оборудования, позволяющего осуществлять постоянный мониторинг работы скважин, процесс очень сложный и дорогостоящий.

Мониторинг реализован на стандартной телеметрии погружного насоса (датчики давления и температуры).

· **Повышение производительности скважины:**

Оперативность информации – существенный фактор при принятии решений о возможности увеличения производительности скважины. Делается прогнозирование о зонах образования парафиновых и газогидратных пробок.

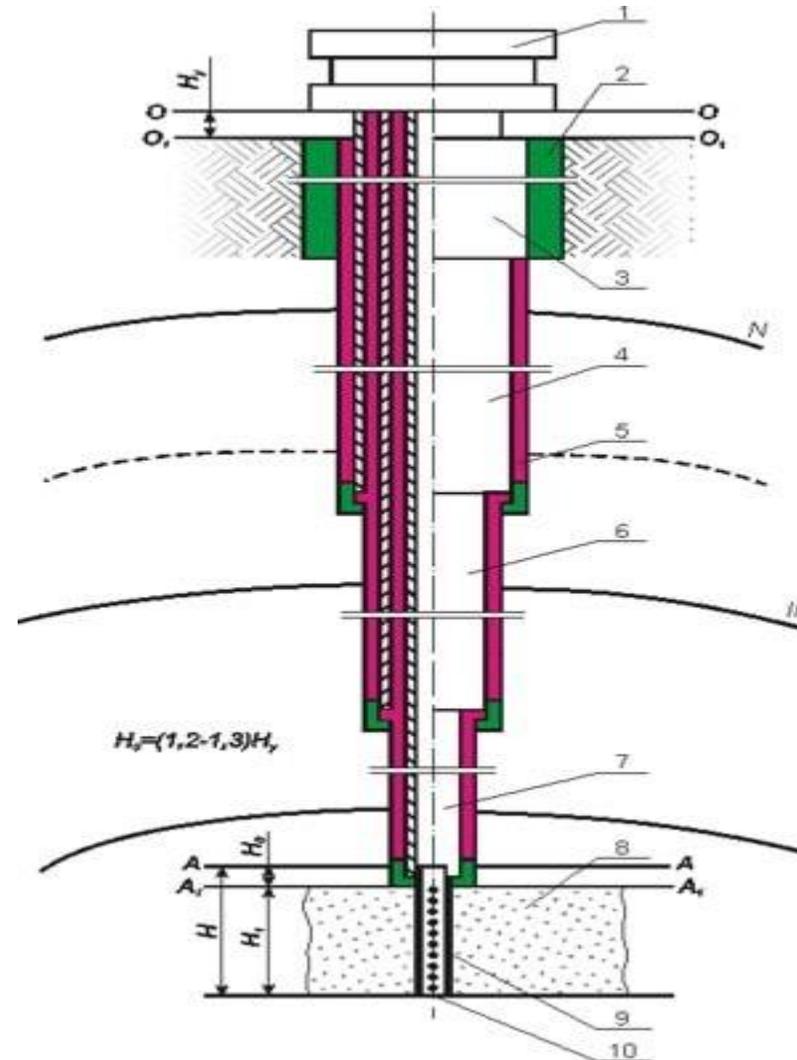
· **Увеличение отдачи пласта резервуара:**

Контроль и регулирование режима работы скважин в процессе добычи, позволяют оптимизировать процесс извлечения углеводородов из нефтегазоносного пласта резервуара. На основе накопленных данных измерений в реальном времени делается прогнозирование дальнейшей стратегии эксплуатации отдельной скважины и резервуара в целом.

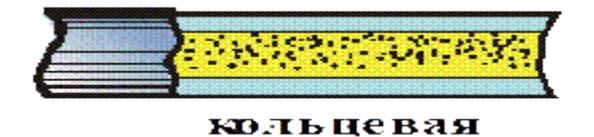
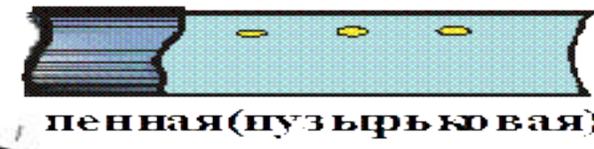
Мониторинг действующих скважин и месторождения

Обратная задача: определить дебет, обводненность и газовый фактор по измерениям давления и температуры в забое и устье скважины с учетом режима и структуры течения, двухфазности (дегазация).

Выработка рекомендаций по скважинам для регулирования режимов работы системы ППД

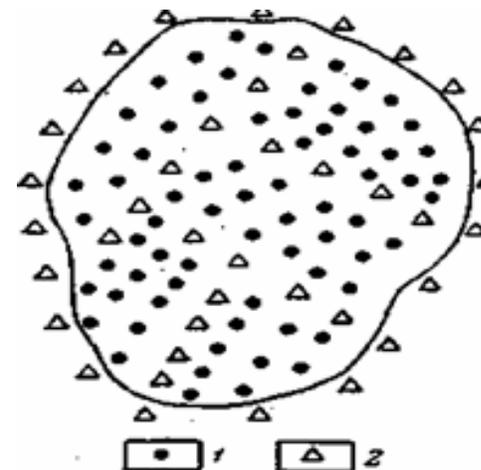
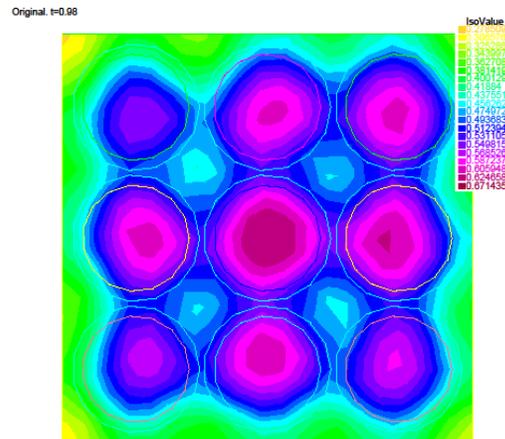


- 1 - трубная головка;
- 2 - цементный стакан;
- 3 - направление;
- 4 - кондуктор;
- 5 - ВПТС;
- 6 - промежуточная колонна;
- 7 - эксплуатационная колонна;
- 8 - продуктивный пласт;
- 9 - телескопическое устройство;
- 10 - забой;
- A-A - первоначальное положение кровли пласта толщиной H_1 ;
- A₁-A₁ - положение кровли пласта после ее уплотнения до толщины H_2 ;
- I, II, ..., N - слои (поверхности) отрыва пород при их опускании.



Мониторинг скважин и месторождения

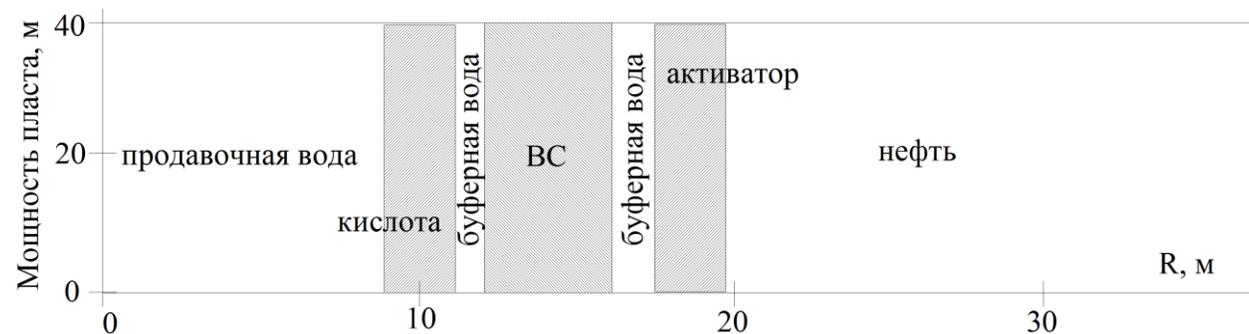
- Определение пластовых параметров по измерению давления внутри скважин месторождения.
- Решена обратная задача по определению коэффициента фильтрации по данным давления заданного в нагнетающих и добывающих скважинах.
- Решена задача оптимизации размещения дополнительных нагнетающих и добывающих скважин с учетом полученных данных при решении обратной задачи.



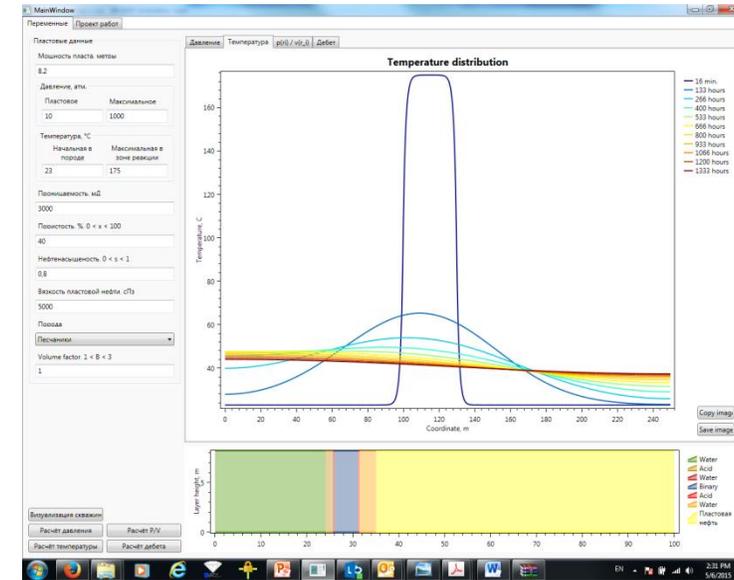
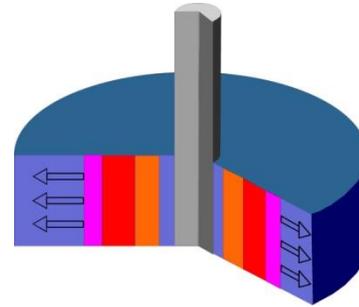
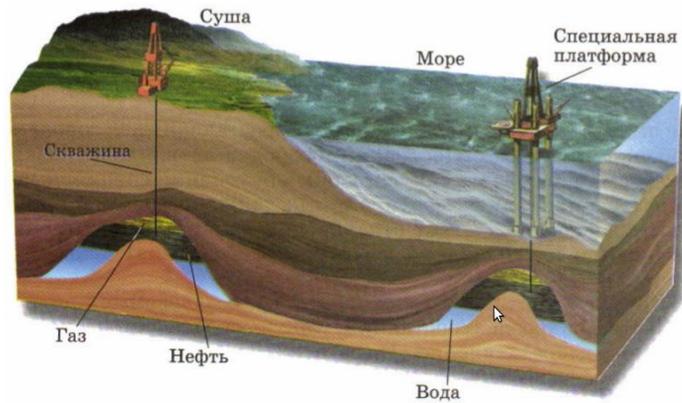
Повышение нефтеотдачи пластов с применением технологии термогазохимического воздействия бинарного состава на скважинах

Одной из основных задач современной разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений является повышение нефтеотдачи пластов.

Доля трудноизвлекаемых запасов нефти в мире непрерывно растет и новые методы по их добыче становятся все более востребованными. Основным средством воздействия на месторождения с высоковязкими нефтями является тепло, закачиваемое в продуктивный пласт. Масштабный прогрев продуктивного пласта экономически и технологически должен быть выгоден, т.к. нагрев нефти приводит к многократному снижению вязкости и повышению подвижности нефти. Соответственно, производительность добываемой продукции может возрасти в несколько раз.



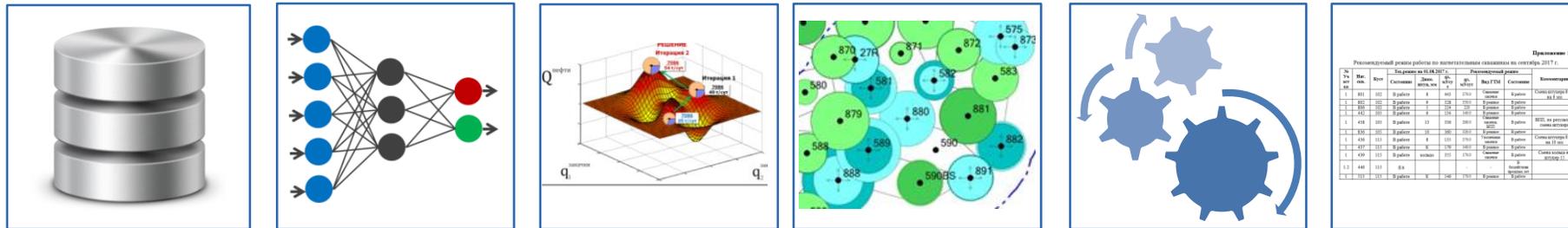
Повышение нефтеотдачи пластов с применением технологии термогазохимического воздействия бинарного состава на скважинах



Технология ТХВС БС предусматривает воздействие на призабойную и удаленную зону продуктивного пласта нагнетанием в скважину раствора неорганических солей бинарного состава, с последующим инициированием реакции разложения бинарного состава внутри порово-трещиноватых коллекторов закачкой в пласт растворов неорганических, органических кислот и формальдегидов. В результате разложения компонентов бинарного состава генерируется высокая температура (до 300-320°C) и давление, что в комплексе способствует прогреву горной породы и высоковязких углеводородов, и созданию вторичной сетки трещин в продуктивном пласте

Технологический режим скважин

ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН



BIG DATA

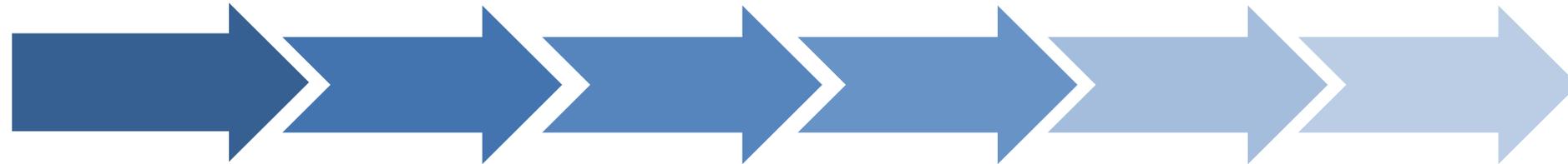
Создание прокси-модели

Решение оптимизационной задачи

Дизайн отборов и закачки

Конструктор ГТМ

Технологический режим



Шахматки, Тех.режимы, МЭР, ГТМ, Исследования, Дела скважин...

Выделение событий
Настройка нейронной сети

Учет ограничений на скважинах и в системе обустройства.
Оптимизация градиентным методом

Потенциальная добыча нефти

Кластеризация технологий.
Операционная эффективность добычи

Формирование технологического режима на основе потенциала добычи и ограничений

Визуализация на основе платформы цифрового Земного шара



- База данных по всем месторождениям России и анализ данных.
- Детализация зависит от цифровой подложки, которая отвечает за данную местность.
- Есть возможность вращения и приближения объектов.
- Динамическое подключение любых математических библиотек для расчета скважин и месторождения.

Спасибо за внимание!